

IAP20Rec'd PCT/PTO 26 MAY 2006

Beschreibung

Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage.

10

Bei modernen Kraftwerksanlagen, wie beispielsweise Hochtemperaturgasturbinen, die mit Erdgas betrieben werden, ist die Umsetzung des Brennstoffs in der Regel auf eine bestimmte Brennstoffzusammensetzung abgestimmt. Hinsichtlich der Zusammensetzung des Brennstoffs werden Kenngrößen, wie die Wobbe-

15

zahl, der Heizwert und/oder die Normdichte, verwendet, welche innerhalb eines eng spezifizierten Bereichs liegen müssen, um einen sicheren Betrieb der Kraftwerksanlage zu gewährleisten.

20

Die Versorgung von Kraftwerksanlagen ist jedoch oftmals so gestaltet, dass sich die Zusammensetzung des Brennstoffs unter Umständen spontan (innerhalb weniger Minuten oder sogar im Sekundenbereich) deutlich ändern kann. Die für den Brennstoff spezifizierten Grenzen werden dann überschritten und die Kraftwerksanlage kann unter Umständen nicht mehr stabil betrieben werden.

25

Außerhalb des für den Brennstoff spezifizierten Bereichs kann in der Kraftwerksanlage insbesondere die Verbrennung instabil werden, was beispielsweise zu Teillastabwürfen oder sogar zum Schnellschluss über die Schutzeinrichtungen einer Gasturbine

30

führen kann.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren bereitzustellen, mittels dem schwankende Brennstoffeigenschaften auch während des Betriebs einer Kraftwerksanlage ohne nennenswerten Zusatzaufwand ermittelt werden können. Die Ermittlung sollte möglichst zeitnah erfolgen, so dass entspre-

35

chend Gegenmaßnahmen, wie z.B. ein Nachregeln einer Pilotgasmenge, ergriffen werden können.

Die Aufgabe ist erfindungsgemäß mit einem Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftwerksanlage gelöst, bei dem anhand von aktuellen Betriebsparametern der Kraftwerksanlage ein Wirkungsgrad für die Kraftwerksanlage ermittelt wird und aufgrund einer zeitlichen Veränderung des derart ermittelten Wirkungsgrades auf eine Änderung der Brennstoffeigenschaften geschlossen wird.

Die Erfindung basiert auf dem Grundgedanken, dass der Wirkungsgrad moderner Kraftwerksanlagen im Wesentlichen unabhängig von einer Änderung der Zusammensetzung des darin verarbeiteten Brennstoffs ist. Ferner werden bei modernen Kraftwerksanlagen im Wesentlichen die Größen, die zur Berechnung des Wirkungsgrades notwendig sind, alle bereits betrieblich erfasst. Indem ein (fiktiver bzw. Referenz-) Wirkungsgrad der Kraftwerksanlage nun beispielsweise kontinuierlich aus den betrieblichen Messwerten errechnet wird, kann eine zeitliche Veränderung dieses errechneten Wirkungsgrades ermittelt werden. Ändert sich der errechnete Wirkungsgrad mit der Zeit, so müssen sich die Brennstoffeigenschaften geändert haben, und man kann angeben, wie groß deren Änderung ist.

Das erfindungsgemäße Verfahren ermöglicht es also, dass man z.B. anhand von betrieblichen Messgrößen, die zum normalen Messumfang jeder Gasturbine gehören, Änderungen in der Zusammensetzung des darin verarbeiteten Brenngases erkennen kann. Daher kann erfindungsgemäß eine Gasturbine in einem größeren Bereich bzw. einer größeren Bandbreite von Brennstoffen betrieben werden. Ferner ist der Betrieb der Gasturbine bzw. einer Kraftwerksanlage auch bei einer plötzlichen Änderung der Zusammensetzung des zugehörigen Brennstoffs sichergestellt. Das Erkennen der Änderung der Brennstoff- bzw. Gaseigenschaften eröffnet nämlich die Möglichkeit, mit einer Ände-

rung verbrennungstechnischer Setup-Parameter (z.B. Brennstoffmenge für Pilotbrenner, Brennkammertemperatur etc.) die Auswirkung der Brennstoffänderung zu kompensieren und so den stabilen Gasturbinenbetrieb sicherzustellen.

5

Bei einer vorteilhaften Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird als aktueller Betriebsparameter mindestens ein Element aus der Gruppe Leistung der Kraftwerksanlage, Massenstrom des Brennstoffs, Volumenstrom des Brennstoffs,
10 Druck des Brennstoffs und Temperatur des Brennstoffs ermittelt.

Diese aktuellen Betriebsparameter können mit vergleichsweise geringem Aufwand während des Betriebs einer Kraftwerksanlage
15 bestimmt werden und führen, wie nachfolgend genauer dargestellt werden wird, bei entsprechender Auswertung zu einer präzisen Ermittlung von Änderungen der Brennstoffeigenschaften.

20 Für die erfindungsgemäße Ermittlung des Wirkungsgrades der Kraftwerksanlage wird vorteilhaft direkt der Massenstrom des in der Kraftwerksanlage verarbeiteten Brennstoffs erfasst.

Alternativ können zur Ermittlung des Wirkungsgrades der Volumenstrom des Brennstoffs, dessen Druck und dessen Temperatur,
25 insbesondere unter Vernachlässigung des Realgasfaktors bei gasförmigem Brennstoff erfasst werden. Die Erfassung des Volumenstroms geschieht dabei vorteilhaft mit einem Turbinradzähler, Ultraschallzähler oder einem Wirbelzähler. Die erfindungsgemäße Ermittlung des Wirkungsgrades der Kraftwerksanlage
30 kann ferner vorteilhaft durch Messung von Differenzdruck, sowie Druck und Temperatur des Brennstoffs, wiederum insbesondere unter Vernachlässigung des Realgasfaktors bei gasförmigem Brennstoff, erfolgen. Differenzdruck und Druck des gasförmigen Brennstoffs können beispielsweise an einer Blende
35 ermittelt werden.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren können Veränderungen verschiedenster Brennstoffeigenschaften ermittelt werden. Vorteilhaft kann eine Änderung des massenbezogenen Heizwerts des Brennstoffs ermittelt werden, welcher eine wichtige Aussage
5 über die Zusammensetzung des Brennstoffs darstellt, so dass während des Betriebs der Kraftwerksanlage entsprechende Korrekturen in der Brennstoffversorgung erfolgen können.

Ferner kann mit dem erfindungsgemäßen Verfahren vorteilhaft
10 auf eine Änderung des volumenbezogenen Heizwerts des Brennstoffs rückgeschlossen werden.

Darüber hinaus können erfindungsgemäß auch Änderungen des Wobbeindex eines gasförmigen Brennstoffs ermittelt werden,
15 in dem Aussagen über die Normdichte und den volumenbezogenen Heizwert eines gasförmigen Brennstoffs zusammengefasst sind.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren wird ferner vorteilhaft die zeitliche Veränderung des Wirkungsgrades bezogen auf einen Referenzbetriebszustand ermittelt, zu dem als Referenzgrößen der Heizwert und/oder die Normdichte des Brennstoffs ermittelt werden. Diese Referenzgrößen werden dann bei der nachfolgenden betriebsbegleitenden Ermittlung eines Wirkungsgrades konstant gesetzt und es wird geprüft, ob dieser "fiktive" Wirkungsgrad sich ändert. Da Änderungen der Brennstoffeigenschaften in Wirklichkeit nahezu keinen Einfluss auf den Wirkungsgrad einer Kraftwerksanlage haben, wird an einer Veränderung des "fiktiven" Wirkungsgrades erkannt, dass sich der Heizwert und/oder die Normdichte des Brennstoffs gegenüber
20 dem Referenzbetriebszustand geändert haben müssen. Ferner kann aus einer errechneten Abweichung zwischen dem Wirkungsgrad zum Referenzbetriebszustand und dem "fiktiven" Wirkungsgrad abgeleitet werden, wie groß die Änderung von Heizwert und Normdichte ist. Die genannten Referenzgrößen können insbesondere durch eine gleitende Mittelwertbildung während des Betriebs der Kraftwerksanlage ermittelt werden. Diese betriebsbegleitende Ermittlung kann beispielsweise mit einem
25
30
35

Online-Gaschromatographen erfolgen, mit dem zu einem bestimmten Zeitpunkt die Referenzgrößen gemessen werden. Ferner kann mit einem solchen Gaschromatographen während eines stationären Betriebszustands einer Gasturbine eine Vielzahl von Messwerten über beispielsweise einen Zeitraum von ca. 2 Stunden erfasst werden und dann daraus durch Mittelwertbildung auf Referenzgrößen rückgeschlossen werden. Die erfindungsgemäße Änderung der Brennstoffeigenschaften wird vorteilhaft mittels mathematischer Methoden quantifiziert, deren Ergebniswerte dann zum Steuern und Regeln von Korrektur Eingriffen an der zugehörigen Kraftwerksanlage genutzt werden können. Mit derartigen mathematischen Methoden können ferner aktuelle Betriebsparameter ausgewertet werden, die in insbesondere regelmäßigen Zyklen mit einer Zykluszeit von zirka 0,1 sek bis 60 sek, insbesondere von zirka 1 sek ermittelt werden. Dabei können über mehrere Zyklen, beispielsweise über zirka 5 oder 11 Messzyklen hinweg Mittelwerte der Betriebsparameter gebildet werden. Damit die Ergebnisse des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften nicht von unerwünschten Störeinflüssen beeinflusst werden, sollten bei der Ermittlung des Wirkungsgrades insbesondere anhand aktueller Betriebsparameter der Kraftwerksanlage Dämpfungs- und/oder Filterfunktionen berücksichtigt werden.

Nachfolgend wird ein Ausführungsbeispiel eines erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften während des Betriebs einer Kraftanlage anhand zweier beigefügter beispielhafter schematischer Darstellungen genauer erläutert. Es zeigt:

Fig. 1 ein erstes Diagramm eines Brennstoffgassignals über der Zeit gemäß einem erfindungsgemäßen Verfahren und
Fig. 2 ein zweites Diagramm eines Brennstoffgassignals über der Zeit gemäß dem erfindungsgemäßen Verfahren.

Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend am Beispiel einer Kraftwerksanlage erläutert, die in Form einer Hochtemperaturgasturbine ausgebildet ist.

- 5 Das erfindungsgemäße Verfahren nutzt den Umstand, dass bei solchen Hochtemperaturgasturbinen der Gasturbinenwirkungsgrad nahezu unabhängig von einer Änderung der Gaszusammensetzung ist. Ferner nutzt das Verfahren die Tatsache, dass bei derartigen Hochtemperaturgasturbinen bereits nahezu alle Betriebsparameter erfasst werden, die zur Berechnung des Wirkungsgrades der Gasturbine notwendig sind. Während des Betriebs solcher Hochtemperaturgasturbinen wird aber üblicherweise der Heizwert und die Normdichte des als Brennstoff zugeführten Gases nicht ständig kontrolliert. Eine solche Kontrolle würde
10 einen Mehraufwand darstellen, der wirtschaftlich nicht zu rechtfertigen wäre.
15

Gemäß dem nachfolgend erläuterten Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Verfahrens werden im Gegensatz zu kostenaufwendigen Messungen von Heizwert und Normdichte Änderungen der
20 Gaseigenschaften, anhand einer Änderung eines errechneten, sozusagen fiktiven Wirkungsgrades ermittelt.

Dieser "fiktive" Wirkungsgrad wird kontinuierlich aus den betrieblichen Messwerten gebildet, wobei für den Heizwert und die Normdichte zeitlich konstante Referenzwerte eingesetzt werden.
25

Ändert sich nun der errechnete "fiktive" Wirkungsgrad mit der Zeit, so müssen sich die Gaseigenschaften, wie Heizwert und Normdichte, geändert haben, denn nur durch eine entsprechende Anpassung dieser Werte innerhalb der Rechnung des "fiktiven" Wirkungsgrades gelangt man wieder zu dem eigentlichen Wirkungsgrad der Gasturbine, der, wie erwähnt, nahezu unabhängig von Änderungen der Gaszusammensetzung ist und sich demnach
30 nicht ändert.
35

Durch die Gegenüberstellung des "fiktiven" Wirkungsgrades und des unveränderten, realen Wirkungsgrades kann auch die Größe der Änderungen der Brennstoffeigenschaften, also die Größe der Änderung von Heizwert und Normdichte angegeben werden.

5

Die mathematischen Methoden, die bei der Änderung der Brennstoffeigenschaften genutzt werden, werden nachfolgend erläutert.

10 Bei der erfindungsgemäßen Vorgehensweise werden zunächst die nachfolgenden grundlegenden Beziehungen genutzt:

$$\eta = \frac{P}{m \cdot Hu_m} \quad Hu_v = \rho_N \cdot Hu_m \quad m = p \cdot V \quad \rho = \rho_N \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T} \frac{z_N}{z} \quad (1) - (4)$$

- 15 ? Wirkungsgrad der Gasturbine
 P Leistung
 Hu (unterer) Heizwert des Brennstoffs
 Index V: bezogen auf Normvolumen
 Index m: bezogen auf Masse
- 20 m Brennstoffmassenstrom
 V Brennstoffvolumenstrom
 ρ Dichte des Brennstoffs
 p Druck des Brennstoffs
 T Temperatur des Brennstoffs
- 25 z Realgasfaktor des Brennstoffs
 Index N: Normzustand

Der Wirkungsgrad einer Gasturbine, an der das erfindungsgemä-
 30 Be Verfahren ausgeführt wird, ist, wie erwähnt, im Wesentli-
 chen unabhängig von den Brennstoffeigenschaften des zugeführ-
 ten Brenngases. Der Wirkungsgrad ist jedoch sehr wohl von
 verschiedenen, leicht messbaren Größen abhängig, welche im
 Wesentlichen die Leistung der Gasturbine und die Umgebungs-
 35 temperatur sind. Ferner ist der funktionale Zusammenhang zwi-

schen dem Wirkungsgrad und diesen, leicht messbaren Größen bekannt.

- 5 Erfindungsgemäß wird nun ein Bezugszustand "0" eingeführt, an dem sich gemäß der oben genannten Gleichung (1) ein Wirkungsgrad von

$$\eta_0 = \frac{P_0}{m_0 \cdot Hu_{m,0}} \quad (5)$$

bei einer Art Referenzbetriebszustand ergibt.

- 10 Setzt man diesen Referenzbetriebszustand in Bezug zu einem aktuellen Betriebszustand so ergibt sich die nachfolgende Gleichung:

$$\frac{m \cdot Hu_m}{m_0 \cdot Hu_{m,0}} = \frac{P \eta_0}{P_0 \eta} \quad (6)$$

15

Innerhalb dieser Gleichung kann nun während des Betriebs der Gasturbine kontinuierlich der Brennstoffmassenstrom m ermittelt bzw. gemessen werden und es kann ferner auch die von der Gasturbine abgegebene Leistung leicht ermittelt werden.

20

Der Brennstoffmassenstrom m kann insbesondere nach drei verschiedenen Prinzipien gemessen werden:

- 25 Gemäß einem ersten Prinzip kann der Massenstrom beispielsweise mittels eines Corioliszählers direkt erfasst werden.

- Bei einem zweiten Prinzip wird mit Hilfe eines Turbinenradzählers, eines Ultraschallzählers oder eines Wirbelzählers der Massenstrom indirekt durch Erfassung von Betriebsvolumenstrom, Druck und Temperatur des zugeführten Brennstoffs ermittelt. Der Massenstrom errechnet sich dann gemäß der Formel:
- 30

$$m = V \cdot \rho = V \cdot \rho_N \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T} \quad (7)$$

Bei dieser Vorgehensweise wird der Einfluss des Realgasfaktors (z_N/z) vernachlässigt, es wird also angenommen, dass dieser Realgasfaktor sich nur unwesentlich ändert.

5

Gemäß einem dritten Prinzip werden beispielsweise an einer Blende der Differenzdruck, der Druck und die Temperatur des Brennstoffs gemessen. Die gemessenen Werte werden dann in der nachfolgenden Formel berücksichtigt:

10

$$m = K \cdot \sqrt{\Delta p \cdot \rho} = K \cdot \sqrt{\Delta p \cdot \rho_N \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T}} \quad (8)$$

Auch bei dieser Vorgehensweise wird wiederum der Einfluss des Realgasfaktors vernachlässigt ($z_N/z = 1$).

15

Indem eine Änderung des derart ermittelten Brennstoffmassenstroms in die oben genannte Gleichung (6) eingesetzt wird, ergeben sich folgende Möglichkeiten, Änderungen der Gaseigenschaften zu ermitteln. Bei den nachfolgenden Gleichungen (9) bis (11) stehen auf der rechten Seite jeweils die zu messenden Größen sowie die (bekannte) Funktion η/η_0 und auf der linken Seite die daraus abgeleitete Gaseigenschaft.

20

Eine Änderung des massenbezogenen Heizwertes ergibt sich aus:

25

$$\frac{Hu_m}{Hu_{m,0}} = \frac{P \eta_0 m_0}{P_0 \eta m} \quad (9)$$

Eine Änderung des volumenbezogenen Heizwertes ergibt sich aus:

30

$$\frac{Hu_v}{Hu_{v,0}} = \frac{P \eta_0 V_0 \rho}{P_0 \eta V \rho_N} \frac{T_N}{T} \quad (10)$$

Ferner ergibt sich eine Änderung des Wobbeindex aus:

$$\sqrt{\frac{\rho_{n,0}}{\rho_N} \frac{Hu_v}{Hu_{v,0}}} = \frac{P}{P_0} \frac{\eta_0}{\eta} \sqrt{\frac{\Delta p_0}{\Delta p} \frac{p}{p_N} \frac{T_N}{T}} \quad (11)$$

- 5 Der oben genannte Bezugszustand "0" bzw. Referenzbetriebszu-
stand ist grundsätzlich ein beliebiger Zeitpunkt, während dem
verlässliche Daten über den Heizwert bzw. die Normdichte des
zugeführten Brenngases bekannt sind. Als Alternative für ei-
nen solchen "punktuell" ermittelten Referenzzustand, kann
10 beispielsweise durch eine Art gleitende Mittelwertbildung ü-
ber einen Zeitraum von zirka 2 Stunden während eines statio-
nären Betriebszustands der Gasturbine eine Referenz ermittelt
werden. Dabei werden z.B. anhand von Werten aus einem Online-
Gaschromatographen aktualisierte Brennstoffeigenschaften er-
15 fasst und gemittelt.

Ferner können die in den oben aufgeführten Gleichungen ver-
wendeten betrieblichen Messgrößen geeigneten Dämpfungs- bzw.
Filterfunktionen unterzogen werden, damit naturgemäße Schwan-
20 kungen dieser betrieblichen Messgrößen nicht zu einer uner-
wünschten Verfälschung bei der Ermittlung der Brennstoffei-
genschaften führen.

Die betrieblichen Messgrößen werden vorteilhaft mit einer
25 Zykluszeit von ca. 1 sek oder noch kürzer erfasst, wodurch
man Änderungen der Brennstoffeigenschaften praktisch in Echt-
zeit detektieren kann.

Auswertungen des erfindungsgemäßen Verfahrens zur Ermittlung
30 schwankender Brennstoffeigenschaften haben gezeigt, dass mit
diesem Verfahren bereits Heizwert- bzw. Dichteänderungen von
1% deutlich erkannt werden können. Die beiliegenden Diagramme
zeigen Ergebnisse solcher Untersuchungen, bei denen insbeson-
dere mit einem Turbinenradzähler der Volumenstrom des Brenn-
35 stoffs kontinuierlich ermittelt worden ist. Bei den Messungen
ist mit einem Messzyklus von ca. 5 sek und einer gleitenden

Mittelwertbildung über 5 bzw. 11 Werte (siehe dünne Kurve bzw. dicke Kurve) gearbeitet worden. Ferner sind zu den markierten Zeitpunkten Proben entnommen worden, die in einem Gaschromatographen analysiert worden sind (siehe Punktwerte in den Diagrammen).

Die dargestellten Brennstoffgassignale bzw. Kennzahlen stellen den Heizwert des Brennstoffs bezogen auf Normvolumen während des Referenzbetriebszustands im Verhältnis des Heizwerts des Brennstoffs bezogen auf Normvolumen zum Ermittlungszeitpunkt dar ($H_{uv,0}/H_{uv}$). Die Kennzahlen entsprechen demnach dem Kehrwert der linken Seite der oben genannten Gleichung (10).

Die Referenzwerte (Index 0) sind die Mittelwerte über den jeweiligen Versuchszeitraum. Die Analyseergebnisse der Probenentnahme bestätigen den Trend des Kennzahlverlaufs und zeigen dass die Änderung der Heizwerte auf wenige Promille genau erkannt wird.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Ermittlung schwankender Brennstoffeigenschaften (H_u , ?) während des Betriebs einer Kraftwerksanlage,
5 dadurch gekennzeichnet, dass
anhand von aktuellen Betriebsparametern (P , m , V , p , T) der Kraftwerksanlage ein Wirkungsgrad (η) für die Kraftwerksanlage ermittelt wird und aufgrund einer zeitlichen Veränderung des derart ermittelten Wirkungsgrades (η) auf eine Änderung
10 der Brennstoffeigenschaften (H_u , ?) geschlossen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass
als aktuelle Betriebsparameter (P , m , V , p , T) mindestens ein
15 Element aus der Gruppe Leistung (P) der Kraftwerksanlage, Massenstrom (m) des Brennstoffs, Volumenstrom (V) des Brennstoffs, Druck (p) des Brennstoffs und Temperatur (T) des Brennstoffs ermittelt wird.
- 20 3. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Wirkungsgrad (η) durch direkte Erfassung des Massenstroms (m) des Brennstoffs ermittelt wird.
- 25 4. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Wirkungsgrad durch Erfassung des Volumenstroms (V), des Drucks (p) und der Temperatur (T) des Brennstoffs, insbesondere unter Vernachlässigung des Realgasfaktors (z), ermittelt
30 wird.
5. Verfahren nach Anspruch 2,
dadurch gekennzeichnet, dass
der Wirkungsgrad durch Messung von Differenzdruck (Δp), Druck
35 (p) und Temperatur (T) des Brennstoffs, insbesondere unter Vernachlässigung des Realgasfaktors (z), ermittelt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Änderung der Brennstoffeigenschaft (H_u , ?) auf eine Änderung des massenbezogenen Heizwerts (H_{u_m}) des Brennstoffs geschlossen wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Änderung der Brennstoffeigenschaft (H_u , ?) auf eine Änderung des volumenbezogenen Heizwerts (H_{u_v}) des Brennstoffs geschlossen wird.
8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass
als Änderung der Brennstoffeigenschaft (H_u , ?) auf eine Änderung des Wobbeindex $\left(\sqrt{\frac{\rho_{N,0}}{\rho_N} \frac{H_{u_v}}{H_{u_{v,0}}}} \right)$ geschlossen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,
dadurch gekennzeichnet, dass die zeitlichen Veränderung des Wirkungsgrades (η) bezogen auf einen Referenzbetriebszustand (0) ermittelt wird, zu dem als Referenzgrößen der Heizwert (H_{u_0}) und/oder die Normdichte (ρ_0) des Brennstoffs ermittelt werden, wobei die Ermittlung der Referenzgrößen (H_{u_0} ; ρ_0) insbesondere durch eine gleitende Mittelwertbildung während des Betriebs der Kraftwerksanlage erfolgt.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,
dadurch gekennzeichnet, dass
die Änderung der Brennstoffeigenschaften (H_u , ?) mittels mathematischer Methoden quantifiziert wird.

FIG 1

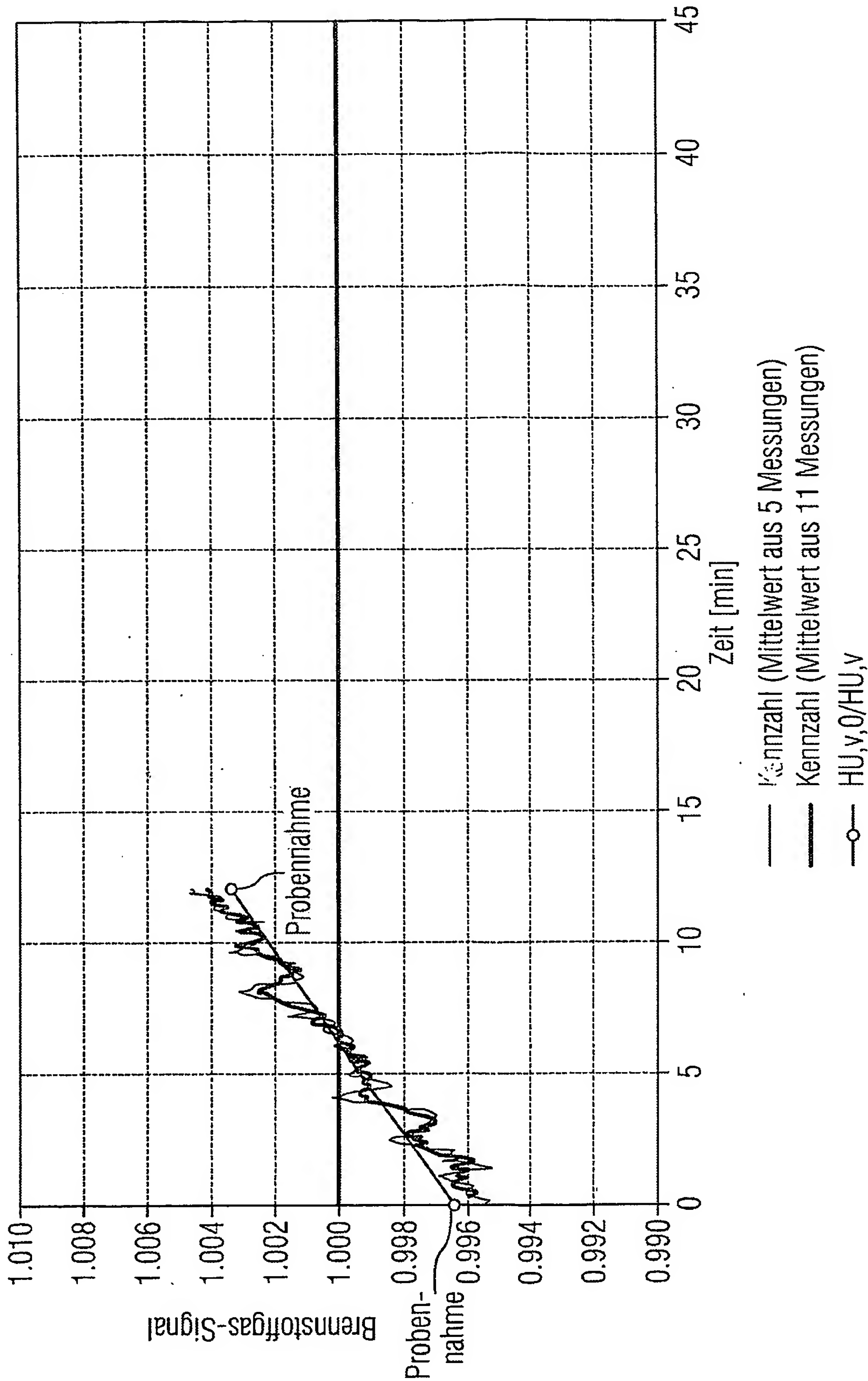


FIG 2

